

1964; NAAKTGEBOREN, SLIJPER 1970): Die Tragzeiten sind besonders lang; dementsprechend zeigen die Jungen schon bei der Geburt einen hohen Reifegrad (offene Augen und vollständige Behaarung) und ein hohes Maß an Bewegungskoordination. Wie die Untersuchungen an Meerschweinchen gezeigt haben, ist die Homoiothermie bereits bei den Neugeborenen ausgeprägt; schon unmittelbar nach der Geburt halten sie ihre hohe Körpertemperatur konstant und sind auch bei Kälteeinwirkung thermostabil. BRÜCK und WÜNNENBERG (1965) zeigten, daß sie bei 8° C eine Stunde lang ihre Körpertemperatur wie die Erwachsenen bei 39° C regulieren, und daß sie schon nach der Geburt über eine erhebliche zitterfreie Thermogenese verfügen.

Neben diesem Vertreter der Cavioidea verdienen die in den Anden Chiles (bis 3000 m) lebenden und heute weitgehend ausgerotteten Chinchillas besonderes Interesse. Trockenheit, extreme Temperaturunterschiede sowie ein oft spärliches Nahrungsangebot fordern Anpassungsvermögen und besondere physiologische Leistungen. Eine erhebliche Konzentrierungsleistung der Niere (ähnlich wie bei Wüstennagetieren) deutet bereits auf eine Spezialisierung hin (WEISSER et al. 1970; BELLAMI 1972; MCMANUS 1972). Die Stoffwechselsteigerung bei Kälte ist entsprechend der guten thermischen Isolation geringer als bei anderen Nagetieren (DROZDZ 1967). Seit Jahrzehnten werden Chinchillas erfolgreich gezüchtet. Über den Grad der homoiothermen Reaktion ihrer Neugeborenen gibt es jedoch keine Untersuchungen. Drei Fragen standen deshalb im Vordergrund:

1. Die Körpertemperatur der Neugeborenen und der Jungen im Verlaufe der Entwicklung. Es zeigte sich, daß die Körpertemperatur der großen und schon dicht behaarten Neugeborenen bereits dem Niveau der erwachsenen Chinchillas entspricht. Sie ändert sich auch im Verlaufe der Jugendentwicklung nicht mehr wesentlich.
2. Die homoiotherme Reaktion bei verschiedenen Umgebungstemperaturen. Exposition bei Kälte verursacht bei den jungen Chinchillas nur in den ersten Lebenstagen einen geringen Rückgang der Körpertemperatur. Spätestens von der dritten Lebenswoche an bleibt sie auch bei anhaltender Kälte stabil. Nur die Extremitäten und die großen Ohrmuscheln werden erheblich abgekühlt. Durch thermoregulatorisches Verhalten wird die wärmeabgebende Körperoberfläche vermindert. Weniger stabil erwiesen sich die jungen Chinchillas gegenüber Hitze. Bei Umgebungstemperaturen, die über dem Niveau der Körpertemperatur liegen, tritt rasch Hyperthermie ein. Wie verschiedene andere Nagetiere (HAFEZ 1964) versuchen auch die Chinchillas durch engen Kontakt mit der Unterlage ihren überhitzten Körper zu erwärmen. Die Blutgefäße in den Ohrmuscheln werden stark erweitert. Solange das Gefälle zur Umgebungstemperatur besteht, ist auch auf diesem Wege noch eine Entwärmung möglich. Nach den Untersuchungen von WILCOX (1950) und SEELE (1968) sind keine Schweißdrüsen vorhanden. Die jungen Chinchillas sind somit gegenüber tiefen Umgebungstemperaturen widerstandsfähiger als gegenüber hohen. Dies entspricht ihrer Lebensweise, bei der sie vor hohen Extremtemperaturen weitgehend gesichert sind.
3. Die tägliche Variation der Körpertemperatur. Unter den Bedingungen eines gemäßigten Mikroklimas zeigt sich die Variation im Wechsel zwischen Ruhe und Aktivität. Der Spielraum ist jedoch bei den Jungen (2,4° C) nicht wesentlich größer als bei den Erwachsenen (2,1° C).

Neugeborene Chinchillas gehören somit wie die neugeborenen Meerschweinchen zu den *thermoregulatorisch ausgereiften* Jungen. Die Entwicklung zur Homoiothermie vollzieht sich bei ihnen schon während der späten Embryonalphase. Beide Arten repräsentieren schon am 1. Lebenstag den Typus des „Nestflüchters“. Im Verlaufe ihrer postnatalen Entwicklung festigt sich die homoiotherme Reaktion noch erheblich. Die bisherigen Beobachtungen und Untersuchungen über den Entwicklungsgrad, die Temperaturregulation und das Verhalten der jungen caviomorphen Nagetiere läßt vermuten,

daß diese ganze Gruppe schon während ihrer frühen Stammesgeschichte einen hohen Grad an homiothermer Organisation erlangte. Auch die Tatsache, daß bisher bei keinem Vertreter dieser Nagetiere Winterschlaf oder Torpor beobachtet wurde, obwohl die ökologischen Bedingungen in einigen Fällen sicher gegeben wären (CADE 1964), zeigt, daß sie als Homiotherme bereits ein Endstadium in ihrer stammesgeschichtlichen Entwicklung erreicht haben.

Zusammenfassung

Die Temperaturregulation von vier neugeborenen und jungen Chinchillas wurde untersucht. Die Körpertemperatur der relativ großen Neugeborenen (etwa 10 % des Adultgewichtes) entspricht bereits dem Niveau der Erwachsenen. Sie ändert sich auch im Verlaufe der Jugendentwicklung nicht wesentlich (Mittel $36,6 \pm 0,5^\circ \text{C}$). Kälteexposition verursacht bei den Neugeborenen nur einen geringen Rückgang der Körpertemperatur. Von der dritten Lebenswoche an bleibt die Körpertemperatur auch bei 0°C stabil. Nur die Extremitäten und Ohren kühlen dabei stark aus. Durch thermoregulatorisches Verhalten schränken die jungen Chinchillas die Auskühlung des Rumpfes ein. Bei hohen Umgebungstemperaturen geraten sie rasch in Hyperthermie. Auch hier versuchen sie durch Verhaltensreaktionen der Überhitzung entgegenzuwirken. Eine starke Erweiterung der Blutgefäße in den Ohrmuscheln steht im Zusammenhang mit der erhöhten Körpertemperatur. Bei einer Körpertemperatur von 43°C tritt eine völlige aber noch reversible Erschlaffung der Skelettmuskulatur ein. Die tägliche Variation der Körpertemperatur ist bei den jungen und adulten Chinchillas unter gemäßigten Klimabedingungen kleiner als $2,4^\circ \text{C}$. Neugeborene Chinchillas sind wie die neugeborenen Meerschweinchen thermoregulatorisch bereits „ausgereift“. Wahrscheinlich erlangten alle caviomorphen Nager schon in ihrer frühen Stammesgeschichte einen hohen Grad an homiothermer Organisation.

Summary

Post-natal growth and temperature regulation in the Chinchilla (Chinchilla laniger Molina, 1782)

Temperature regulation in 4 newborn and infant Chinchillas was studied for a period of 124 days after birth. The body temperature of the large newborns (about 10 % of adult weight) and infants ($36,6 \pm 0,5^\circ \text{C}$) agrees already with that of the adults. It does not essentially change during post-natal growth. Exposition to cold (6°C) caused in newborn Chinchillas only a small drop in body temperature. 3 weeks after birth body temperature was completely stabilized, even at 0°C . Only peripheral organs (legs and ears) were rather cool. Young Chinchillas prevent cooling of their trunk by thermoregulatory behavior (spherical form). At high ambient temperatures young Chinchillas soon show signs of hypothermia. They also try to prevent overheating by regulatory behavior. An enlargement of the vascular plexus in the big ears is correlated with high body temperatures and may assist thermoregulation. At a body temperature of $43,0^\circ \text{C}$ one Chinchilla showed a total but reversible relaxation of skeletal muscles. The daily variation of body temperature in young Chinchillas is similar to the adults and less than $2,4^\circ \text{C}$. Newborn Chinchillas are like newborn guinea pigs in that they are thermoregulatorily "mature". Probably all caviomorph rodents already reached a high degree of homeothermic organisation during their early phylogenetic development.

Literatur

- ADOLPH, E. F. (1951): Responses to hypothermia in several species of infant mammals. *Amer. J. Physiol.* **166**, 75—91
 — (1957): Ontogeny of physiological regulations in the rat. *Quart. Rev. Biol.* **32**, 89—137.
 BELLAMY, D.; WEIR, B. J. (1972): Urine composition of some hystricomorph rodents confined to metabolism cages. *Comp. Biochem. Physiol.* **42 A**, 759—771.
 BICKEL, E. (1970): Südamerikanische Chinchillas. 4. Aufl. München: A. Philler-Verl.
 BRÜCK, K.; WÜNNENBERG, B. (1965): Über die Modi der Thermogenese beim neugeborenen Warmblüter — Untersuchungen am Meerschweinchen. *Pflügers Arch. ges. Physiol.* **282**, 362—375.
 CADE, T. J. (1964): The evolution of torpidity in rodents. *Ann. Acad. Scient. Fenn. Ser. A IV Biol.* **71**, 77—112.

- DROZDZ, A.; GORECK, A. (1967): Oxygen consumption and heat production in Chinchillas. *Acta Theriol. Bialow.* 12, 81—86.
- GINGLINGER, A.; KAYSER, Ch. (1929): Etablissement de la thermorégulation chez les homéothermes au cours du développement. *Ann. Physiol. physicochim. biol.* 5, 710—758.
- HAFEZ, E. S. E. (1964): Behavioral thermoregulation in mammals and birds. *Int. J. Biometeor.* 7, 231—240.
- HENSEL, H. (1955): In PRECHT, H.; CHRISTOPHERSEN, J.; HENSEL, H.: *Temperatur und Leben.* Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer.
- HISSA, R. (1968): Postnatal development of thermoregulation in the norwegian lemming and the golden hamster. *Ann. Zool. Fenn.* 5, 345—383.
- KULZER, E. (1963): Temperaturregulation bei Flughunden der Gattung *Rousettus* Gray. *Z. vergl. Physiol.* 46, 595—618.
- MCMANUS, J. J. (1972): Water relations of the Chinchilla; *Chinchilla laniger*. *Comp. Biochem. Physiol.* 41 A, 445—450.
- MCINTYRE, D. G.; EDERSTRUM, H. E. (1958): Metabolic factors in the development of homeothermy in dogs. *Amer. J. Physiol.* 194, 293—296.
- NAAKTGEBOREN, C.; SLIJPER, E. J. (1970): *Biologie der Geburt.* Hamburg u. Berlin: Paul Parey.
- ÖSTBYE, E. (1965): Development of thermoregulation to age and growth in the norwegian lemming (*Lemmus lemmus* L.). *Nytt. Mag. Zool.* 12, 65—75.
- SEELE, E. (1968): Haut und Haar der Chinchillidae. *Zool. Anz.* 181, 60—75.
- WALKER, E. P. (1964): *Mammals of the world.* Baltimore: The Johns Hopkins Press.
- WEIGOLD, H. (1973): Jugendentwicklung der Temperaturregulation bei der Mausohrfledermaus, *Myotis myotis* (Borkhausen, 1797). *J. comp. Physiol.* 85, 169—212.
- WEISSER, F.; LACY, F. B.; WEBER, H.; JAMISON, R. L. (1970): Renal function in the Chinchilla. *Amer. J. Physiol.* 219, 1706—1713.
- WILCOX, H. H. (1950): Histology of the skin and hair of the adult Chinchilla. *Anat. Rec. Phil.* 108, 385—397.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. ERWIN KULZER, Zoophysiologisches Institut der Universität Tübingen, D-74 Tübingen, Hölderlinstraße 12

Tooth wear as an indication of age in Badgers (*Meles meles* L.) and Red Foxes (*Vulpes vulpes* L.)

By P. J. H. VAN BREE, R. W. M. VAN SOEST and L. STROMAN

Receipt of Ms. 17. 3. 1973

Introduction

The examination of tooth wear has been an established method of age estimation of wild mammals for quite a long time. Particularly in wildlife management circles elaborate schemes of successive wear stages of the lower molars are used to determine the age of several species of deer in order to get some idea of the population structure. Similar but less elaborate age-wear schemes have been used in estimating age in various other mammals, such as Stoats, *Mustela erminea* L. (STROGANOW 1937), Gray Foxes *Urocyon cinereoargenteus* (Schreber) (WOOD 1958), Red Foxes, *Vulpes vulpes* L.

(STUBBE 1965), Badgers, *Meles meles* L. (STUBBE 1965) and Pronghorns, *Antilocapra americana* (Ord) (DOW and WRIGHT 1962). All authors concerned base their method of age determination on the assumption, that during life the teeth are gradually abraded by constant use, which in it self seems a sound assumption. However, to be of use as a reliable age indicator the wear of the teeth should be more or less similar and synchronic in all individuals of a population. This vital condition has not been taken into account in the past because most authors did not have any information on the relation between real age and estimated age, as they lacked a sufficient number of known age animals.

Recently, however, RIECK (1970) compared the wear of the molars of marked (and consequently known age) Roe Deer (*Capreolus capreolus* L.) with the schemes constructed by his fellow countrymen NEHRING (1903, after RIECK 1970) and BRANDT (1907, after RIECK 1970). He found that 80% of the animals was aged accurately with the tooth wear schemes. The same was done by KEISS (1969) with Elk (*Cervus canadensis* Erxleben), but his percentage aged accurately appeared to be only 50%. GRAU et al. (1970) acquired an accuracy of 83% with the tooth wear method applied in known age Raccoons (*Procyon lotor* L.), which were raised on a farm.

KERWIN and MITCHELL (1971) studied the toothwear of Pronghorns, *Antilocapra americana* (Ord), which had been objectively aged by analysis of the growth layers in the cementum of their teeth. (A complete survey of this method and its reliability is given by KLEVEZAL and KLEINENBERG, 1969). KERWIN and MITCHELL (l. c.) found a 61% accordance. The same was done by ERICKSON et al. (1970) with Mule Deer,

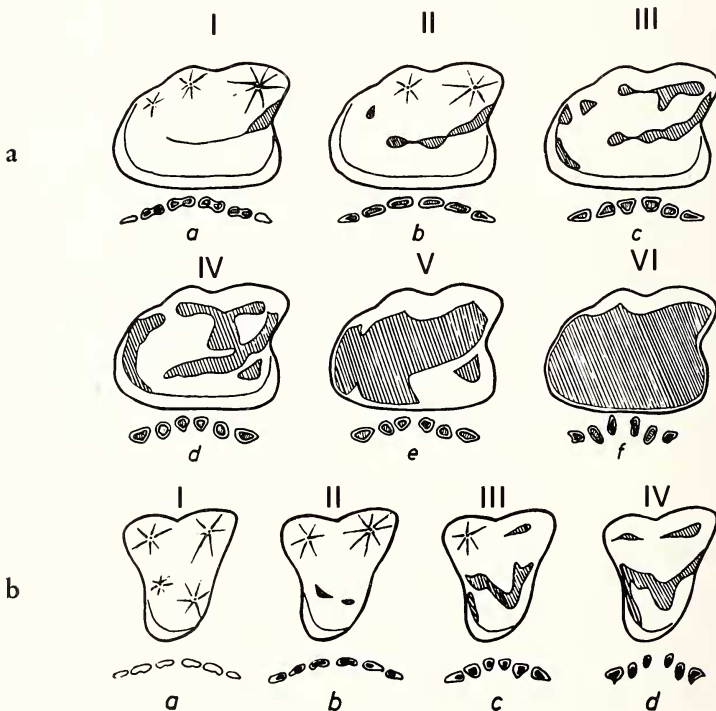


Fig. 1a. Tooth wear age stages of Badgers, *Meles meles* L., designed by STUBBE (1965). — Fig. 1b. Tooth wear age stages of Red Foxes, *Vulpes vulpes* L., designed by STUBBE (1965)

Odocoileus hemionus (Rafinesque) and by GILBERT and STOLT (1970) with Maine White-tailed Deer, *Odocoileus virginianus* (Zimmermann). These authors found 38 to 63 %, viz. 60 % accordance between cemental growth layers and tooth wear.

The present paper deals with the reliability of the age determination by studying the tooth wear in Badgers (*Meles meles* L.) and Red Foxes (*Vulpes vulpes* L.). The material used for this study consisted of 70 skulls of Badgers, 41 of which were from the eastern and southern parts of the Netherlands, the remainder being from the west of France, and of 176 skulls of Red Foxes, 79 of which were from the Netherlands (mostly from the Veluwe area) and 97 from the western and southern parts of France. All material is deposited in the Zoological Museum of Amsterdam (ZMA). The objective age of all specimens was assessed by using the variant of the dentin layer method designed by STIRLING (1969), which consists of cutting the (canine) teeth in half, polishing and etching the cut surface and staining it with toluidin blue. The results of the analysis of the dentin growth layers are compared with the tooth wear schemes designed by WOOD (1958) and STUBBE (1965).

Thanks are due to Dr. J. L. VAN HAAFTEN and Drs. D. KRUIZINGA of the Netherlands' Research Institute for Nature Management for supplying the material from the Netherlands, and to Prof. Dr. J. A. RIOUX of the University of Montpellier and Mr. F. CHANUDET of the Muséum d'Histoire Naturelle at La Rochelle for collecting and donating the French material. Mr. L. A. VAN DER LAAN took care of the photographic reproduction.

Objective age and tooth wear in Badgers

As the available Badger material was rather limited the skulls from France and from the Netherlands were considered together. Figure 1a, which has been copied from STUBBE (1965) represents the scheme for the wear of the first molar (M^1) and the lower incisors. STUBBE (1965) estimated Badgers with wear stage I to be 7–9 months old; stage II is supposed to occur in animals 19–21 months old; stage III 31–33 months old; stage IV–VI over 33 months old. The narrow range of the different stages is caused by the fact that STUBBE's animals were all captured in the fall.

The present material is from all months of the year, so the scheme of STUBBE (l. c.) had to be modified. Stage I is considered to represent animals of 0–12 months old, stage II 12–24 months old, stage III 24–36 months old and stage IV–VI over 36 months old. The tooth wear age estimated in this way is compared with the objective age as it was established by way of the dentin layer method. From fig. 2, which represents this comparison, it is clear that, although a general correlation between tooth wear age and objective age is not to be denied, a large part of the material was aged wrongly with the tooth wear method. Compared in detail

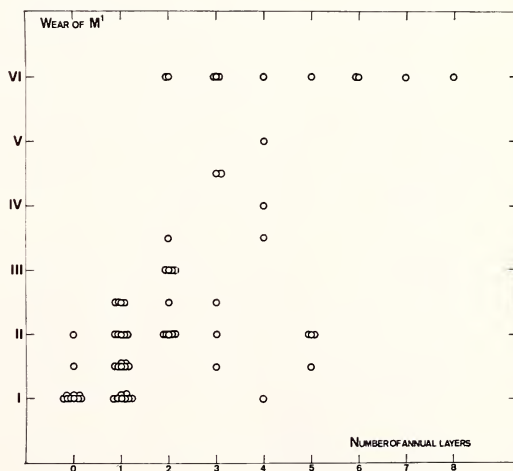


Fig. 2. Comparison of tooth wear age (vertical axis) and number of dentinal annuli (horizontal axis) in Badgers, *Meles meles* L. from the Netherlands and France

59% was aged correctly, allowing for the fact that STUBBE (l. c.) did not specify age groups over 36 months old, although his stages V and VI suggest a further wear-age relation.

Extreme disagreement has been found in ZMA reg. no. 4062, 8705 and 10985, which were classed in wear stage II, although their objective age appeared to be 60–67 months. A point of interest is the phenomenon of unequal wear of the molars in both halves. In a number of cases the wear stage of a specimen had to be averaged as left and right molars did not concur.

Objective age and tooth wear in Red Foxes

Fairly ample material from both the Netherlands and France was available, so the two collections were considered separately. Figure 3, which was copied from WOOD (1958), represents the wear scheme for Gray Fox first upper molars. Five age groups are distinguished: 0 (0–12 months old), I (12–24 months), II (24–36 months), III (36–48 months) and IV (over 48 months). STUBBE (1965) adapted this scheme to his material of Red Foxes, limiting the number of age groups to four (fig. 1b): I (8–10 months old), II (20–22 months), III (32–34 months) and IV (over 36 months). As the material upon which the present study is based, was captured in all months of the year, and not as STUBBE's material only from the fall, WOOD's scheme (1958) was chosen to be compared with the objective age as it appeared from the dentin layers. From figure 4, which represents the comparison between tooth wear and objective age in Red Foxes from the Netherlands, and figure 5, which represents the same in Red Foxes from France, similar conclusions can be drawn as with the Badgers: a general correlation is apparent, but many specimens have been aged wrongly with the tooth wear method. Only 35% of the Red Foxes from the Netherlands and 47% of the french were aged in accordance with their objective age.

Noteworthy disagreements between tooth wear age and real age have been observed in ZMA reg. no. 8710 (8 months old and tooth wear stage II), no. 8763 (12 months old and tooth wear stage III) and no. 15414 (24 months old and tooth wear stage IV). Most disagreements, however, did not exceed the period of one year.

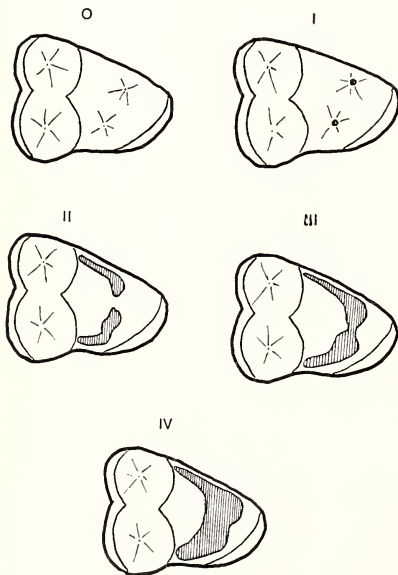


Fig. 3. Tooth wear stages of age Gray Foxes, *Urocyon cinereoargenteus* (Schreber), designed by WOOD (1958)

Discussion

From the results presented in this study and those of KERWIN and MITCHELL (1969), KEISS (1971), a. o., it must be concluded that the tooth wear method in general is an unreliable method to assess the age structure of a population sample. The great variability in the wearing process is probably due to such factors as the genetic background of the individuals, the size of the litter they originated from, the structure and the calcium content of the food taken